

Carbono orgânico nas frações granulométricas e substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico – LVAd sob diferentes agrossistemas

Eucarlos de Lima MARTINS¹, Josias do Espírito Santo CORINGA², Oscarlina Lúcia dos Santos WEBER³

RESUMO

No presente estudo foram avaliados os teores de carbono orgânico total nas frações húmicas e granulométricas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico sob quatro sistemas de uso: Floresta nativa (FL), agrossilvopastoril (SS), agroflorestal (SA) e pastagem (PA), na região norte mato-grossense. As amostras do solo foram coletadas em Juruena e Juara, Mato Grosso e preparadas para posterior fracionamento físico e químico. Os resultados indicaram que os diferentes sistemas de uso do solo influenciaram diretamente na quantidade de carbono orgânico total das frações granulométricas e das substâncias húmicas dos solos. O sistema agrossilvopastoril apresentou pronunciada diferenciação em relação aos demais sistemas estudados, principalmente quanto à concentração de humina e ácidos fúlvicos livres. A distribuição do carbono orgânico total na fração granulométrica fina (< 53 µm) foi superior a da fração grosseira (> 53 µm) para todos os agrossistemas, indicando maior presença de material orgânico agregado ao silte e argila.

PALAVRAS-CHAVE: Carbono orgânico, Solos tropicais, Substâncias húmicas.

Organic carbon in granulometric fraction and in humic substances of a Brazilian Oxisol under different land use systems

ABSTRACT

This study aimed to assess the total organic carbon content in chemical and granulometric fraction of an Oxisol from four different land use systems. The soil samples were collected in Juruena and Juara, Mato Grosso (Brazil), and prepared for the physical and chemical fractionations. The results indicated that different land use systems caused significative carbon content changing in both humic substances and granulometric fraction. It was observed from the differentiated concentration of humine and free fulvic acids for each system. The distribution of total organic carbon in the granulometric fraction < 53 µm was higher than fraction > 53 µm for all land use, indicating greater presence of organic material in the silt and clay.

KEY WORDS: Organic carbon, Tropical soils, Humic substances.

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso, Departamento de Química e Meio Ambiente (Av. Juliano Costa Marques, s/n Bela Vista, CEP 78.090-900, Cuiabá - MT). E-mail: eucarlos@quimica.cefetmt.br

² Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso. E-mail: josiascoringa@quimica.cefetmt.br

³ Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Famev. E-mail: oscsan@uol.com.br

INTRODUÇÃO

Os solos tropicais, em especial os amazônicos, têm a matéria orgânica (MOS) como um dos principais componentes responsáveis pela manutenção da sua qualidade e, conseqüentemente da fertilidade. Ao sofrer a remoção da vegetação nativa para a implantação de sistemas de manejo ou cultivo, tem sido observada redução na quantidade de MOS desses solos. Em vários trabalhos foram descritos que os sistemas de manejo implicaram em expressivos efeitos na qualidade dos solos tropicais e subtropicais (Freitas *et al.*, 2000; Bayer *et al.*, 2004; Cunha *et al.*, 2007).

A dinâmica de transformação do carbono orgânico (CO) afeta diretamente a qualidade do solo (Santos & Tomm, 2003; Hermlé *et al.*, 2008), pois esta é componente essencial nos diversos processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem nos ecossistemas terrestres, dentre os quais se destacam: a estruturação do solo, o suprimento de nutrientes, a capacidade de troca iônica, o tamponamento do pH do solo, fonte de carbono e energia para os microorganismos do solo, redução da contaminação de água de superfície e subterrânea pelo fenômeno de adsorção de poluentes, afeta a disponibilidade de ar e água às raízes das plantas e o desenvolvimento do sistema radicular (Silva & Pasqual, 1999; Correa, 2002; Conceição *et al.*, 2005).

Zech *et al.* (1997) descrevem que cerca de 10 a 15% da reserva total de CO nos solos minerais é constituída por macromoléculas (proteínas e aminoácidos, carboidratos simples e complexos, resinas, ligninas e outras), e 85 a 90% pelas substâncias húmicas. Trata-se de um sistema heterogêneo composto de materiais orgânicos que diferem entre si pela composição, função e grau de acessibilidade a microbiota do solo (Christensen, 2000).

De acordo com Cheng e Kimble (2001), diversas técnicas de fracionamento físico e químico têm sido desenvolvidas com a finalidade de separar e isolar frações de carbono orgânico total do solo (COT). Em geral, os compartimentos físicos do COT são diferenciados pelo tamanho e incluem resíduos facilmente reconhecidos (tamanho > 2 mm) múltiplos compartimentos com diferentes características de decomposição ou taxas de transformação.

Quanto à fração química do solo, as substâncias húmicas tem sido objeto de estudos devido sua relação com as propriedades físico-química dos solos e interação com metais e compostos orgânicos. Segundo Stevenson (1994) o fracionamento das substâncias húmicas do solo resulta em três principais frações químicas, denominadas ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e húmica (H).

Diversos métodos objetivando a extração química das substâncias húmicas do solo tem sido propostos (Santos e Camargo, 1999), sendo o método proposto pela Sociedade

Internacional de Substâncias húmicas (IHSS), o mais utilizado. No entanto, dependendo do objetivo e especificidade da análise, outros métodos de extração podem ser aplicados, como por exemplo, o método proposto por Kononova (1982). Este método se baseia na extração da matéria orgânica com pirofosfato de sódio e hidróxido de sódio. A base forte é utilizada para promover a solubilização do húmus do solo e o pirofosfato atua como agente quelante dos metais presentes, aumentando a eficiência das extrações. Neste método, a extração inicial com H_3PO_4 2 mol L⁻¹ tem o intuito de separar o material não humificado do material humificado através de diferenças na densidade específica e, promover um ataque inicial do material, livrando-o principalmente dos metais retidos eletrostaticamente. Por essa razão o método utilizado neste estudo foi o proposto por Kononova (1982).

Este trabalho teve como objetivo quantificar o COT nas frações obtidas pelos fracionamentos granulométrico e químico de um Latossolo sob os agrossistemas: floresta, pastagem, agroflorestal e agrossilvopastoril.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido no Centro Experimental de Agrossilvicultura Dr. Ivo Pereira de Camargo, localizado às margens da rodovia MT-170 (km 10) que liga Juruena a Juara. A área pertence ao município de Juruena, região norte do Estado de Mato Grosso, nas coordenadas 10°21'14" de latitude Sul e 58°27'20" de longitude oeste, a 270 metros de altitude.

O clima é tropical quente e úmido (Am) na classificação de Köppen. A temperatura média anual é superior a 24°C, com menores valores no mês de junho e maiores no mês de setembro. A precipitação pluviométrica anual varia de 1.800 a 2.000 mm, com período seco bem definido de maio a outubro e maior ocorrência de chuvas no período de novembro a abril.

Para este estudo foram escolhidas quatro áreas contíguas: cobertura vegetal de floresta primária/mata nativa (FL), sistema agrossilvopastoril com dez anos (SS), pastagem extensiva com sete anos (PA) e sistema agroflorestal (SA) com seis anos.

O sistema FL representa o padrão da vegetação nativa dominante na região, classificada como Floresta Tropical Subperenifolia com uma camada de liteira de 1,5 a 3,0 cm de espessura na época das chuvas e até 5 cm na época da seca.

Na implantação do sistema SS, a floresta primária foi derrubada manualmente em agosto de 1992, seguida de queimada apenas naquele ano. No mês de dezembro foram implantadas cinco parcelas com quatro essências florestais distribuídas aleatoriamente em cada parcela: Mogno (*Swietenia macrophylla*), Pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*),

Caucho (*Castilla ulei*) e Garrote (*Bagassa guianensis*). Cada parcela foi composta de cinco a seis plantas de cada espécie, com espaçamento de 5 m x 10 m entre as árvores e 20 m na bordadura da parcela. O arroz foi consorciado nos dois primeiros anos nas entrelinhas das árvores, e o milho nos dois anos seguintes, e no quinto ano foi introduzida pastagem de capim braquiarião (*Brachiaria brizantha*). Quando o capim atingiu porte para consumo, foi colocado gado com pastoreio rotativo, cuja taxa de ocupação variou de um a dois animais por hectare, isolando a área apenas nas épocas muito secas, quando o capim não apresentava condições de consumo.

A área de PA foi aberta em 1996, com a derrubada manual da floresta, queima e semeadura do capim-braquiarião (*Brachiaria brizanta*), o qual foi pastejado extensivamente pelo gado, resultando numa não uniforme utilização do capim, tornando algumas áreas subutilizadas e outras com excessivo pastejo. Este tipo de manejo é típico na região norte do Estado de Mato Grosso, onde a área de estudo está inserida. A taxa de lotação foi inferior a 1 (uma) unidade animal por hectare, com gado da raça Nelore.

O SA foi implantado em 1997 com derrubada manual da floresta primária, seguida de queima e enleiramento dos restos vegetais com trator de esteira, removendo parte dos restos de liteira acumulados na camada superficial. Neste mesmo ano, foram plantadas mudas de mogno (*Swietenia macrophylla*), garrote (*Bagassa guianensis*), pinho cuiabano (*Schizolobium amazonicum*), pau-de-balsa (*Ochroma lagopus*), teca (*Tectona grandis*), caixeta (*Tabebuia cassinoides*), louro frejó (*Cordia goeldiana*), castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), ipê (*Tabebuia* sp) e cedro (*Cedrela fissilis*), e nas entrelinhas, foi cultivado arroz (*Oryza sativa*) e milho (*Zea mays*) nos três primeiros anos, sendo a seguir introduzido o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e o feijão de porco (*Canavalia ensiformes*) nas entrelinhas.

AMOSTRAGEM E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Foram coletadas sete amostras de solo em cada sistema de manejo, na profundidade de 0 - 0,2 m do perfil pedológico. As amostras de cada sistema foram homogeneizadas para compor

uma única amostra composta. As coletas foram realizadas na profundidade de 0 - 0,2 m devido esta representar a camada arável, a principal faixa de utilização agrônômica do solo.

As amostras foram caracterizadas quanto aos atributos químicos (pH, P, MOS, CO e N) e granulométricos (areia, silte e argila) e os resultados estão apresentados na Tabela 1. A caracterização dos atributos do solo foi realizada conforme os métodos descritos em EMBRAPA (1997). As metodologias analíticas resumidas são apresentadas abaixo:

a) Determinação do pH do solo: pH em H₂O e em CaCl₂ 0,02 mol L⁻¹ relação solo-solução 1:2,5; b) Determinação do P: extração com solução de Mehlich 1 na proporção solo-solução 1:10 e, quantificado por espectrofotometria. c) Carbono orgânico total (COT): oxidação da matéria orgânica do solo com solução de dicromato de potássio em presença de ácido sulfúrico e aquecimento. Após o processo de digestão ácida, o dicromato foi determinado por titulação com sulfato ferroso amoniacal. d) Nitrogênio: determinação via método Kjeldahl. e) Análise granulométrica: método do densímetro: dispersão com solução de NaOH 1 mol L⁻¹ e agitação por 1 hora, relação solo-solução dispersante 25:12,5.

Para os quatro sistemas de uso do solo foram observadas diferenças sensíveis nos atributos químicos e físicos, dos quais podem ser ressaltadas as características diferenciadas apresentadas pelo sistema SS, tais como maior aporte de COT e nitrogênio.

FRACIONAMENTO FÍSICO-GRANULOMÉTRICO

Os procedimentos utilizados para o fracionamento físico-granulométrico da MOS seguiram o método proposto por Cambardella e Elliot (1993). Pesaram-se 20 g da amostra do solo passado em peneira de malha de 2000 µm, foram adicionados 100 mL de água, em seguida a amostra foi submetida à dispersão por ultrassom na frequência de 20 kHz, potência de 240 W por 6 h, manteve-se a temperatura abaixo de 45°C. A suspensão foi passada em peneira de malha de 53 µm para separar a MOS > 53 µm associada à areia e da MOS < 53 µm associada às frações silte e argila. Ambas as frações

Tabela 1 - Atributos químicos e granulométricos do Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (0 - 0,2 m) sob quatro sistemas de uso.

Sistemas	pH		P mg kg ⁻¹	MOS ^a	CO ^f	N	Areia g kg ⁻¹	Silte	Argila
	H ₂ O	CaCl ₂							
SA ^a	4,85	4,2	1,1	17,5	13,0	2,0	629	67	304
FL ^b	4,6	3,9	1,1	17,4	11,8	2,2	587	64	349
PA ^c	6,0	5,2	1,0	17,5	14,5	1,1	654	67	280
SS ^d	5,2	4,5	0,7	23,4	15,1	2,5	454	67	480

^aSistema agroflorestal; ^bFloresta nativa; ^cPastagem extensiva; ^dSistema agrossilvopastoril; ^eMatéria orgânica do solo; ^fCarbono orgânico do solo.

foram secas em estufa com ventilação de ar, temperatura de 50°C até peso constante e após a secagem, as amostras foram moídas em gral de porcelana para posterior determinação do carbono orgânico pelo método Walkley-Black (1934).

FRACIONAMENTO QUÍMICO

As frações químicas das substâncias húmicas (AF, AH e H) foram obtidas pelo fracionamento químico da MOS com base no método Kononova-Belchikova ($\text{NaOH } 0,01 \text{ mol L}^{-1} + \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7, 0,01 \text{ mol L}^{-1}$), descrito por Kononova (1982), com três repetições por amostra composta coletada em cada sistema de manejo. A primeira extração foi realizada pela adição de 50 mL de $\text{H}_3\text{PO}_4, 2 \text{ mol L}^{-1}$ em 10 g da amostra. Após agitar por 30 minutos, a amostra foi centrifugada a 3.000 rpm, e o sobrenadante foi filtrado para separação da fração de restos vegetais livres. Este processo foi repetido duas vezes para cada amostra. O sobrenadante límpido constitui a fração ácido fúlvico livre (AFL).

O precipitado obtido da extração com $\text{H}_3\text{PO}_4, 2 \text{ mol L}^{-1}$ foi lavado com água destilada, sendo a seguir adicionados 50 mL de solução alcalina ($\text{NaOH } 0,01 \text{ mol L}^{-1} + \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7, 0,01 \text{ mol L}^{-1}$). Após repouso de uma noite, a amostra foi centrifugada a 3.000 rpm por 30 minutos. O precipitado obtido por este procedimento constitui a fração húmina (H). Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante alcalino foi separado para determinação do teor de carbono na fração ácido húmico + ácido fúlvico (AHAF). Outros 25 mL da solução alcalina teve o pH ajustado para 1,0 pela adição de ácido sulfúrico PA, deixada em geladeira por uma noite para decantar e após este período centrifugada por 10 minutos a 4.500 rpm. O precipitado foi redissolvido em 50 mL de $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ e teve seu conteúdo de carbono determinado (fração ácido húmico, AH). Devido à natureza do procedimento de extração, a fração AHAF pode ser também denominada de extrato alcalino (EA).

Desta forma, obtidas as quatro frações da matéria orgânica, os teores de carbono foram determinados com dicromato de potássio $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ em meio sulfúrico e titulação pelo sulfato ferroso e amoniacal $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, sendo os resultados expressos em g kg^{-1} . No solo inteiro proveniente de cada sistema de uso e nas sub-amostras provenientes do fracionamento foi a determinado o carbono orgânico total (COT), pelo o método de Walkley-Black.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conquanto a quantidade de substâncias húmicas dependa do equilíbrio dos processos químicos, bioquímicos e biológicos do solo, foi observada diferenciação no teor das frações químicas da matéria orgânica sob os diferentes sistemas de uso do Latossolo Vermelho Amarelo distrófico - LVAd, cujos resultados estão apresentados na Figura 1.

O maior teor de húmina foi observado no sistema SS, quando comparado com as demais frações. Esta observação pode ser explicada pelo fato de o material orgânico depositado no solo ser menos degradado, devido sua constituição química recalcitrante (Stevenson, 1994). Os sistemas de uso do solo, de forma geral, propiciaram a presença de considerável quantidade de húmina, resultando num maior aporte de nutrientes no solo pela disponibilidade de carbono orgânico para a microbiota, para reações de formação de compostos recalcitrantes e melhor estruturação física do solo.

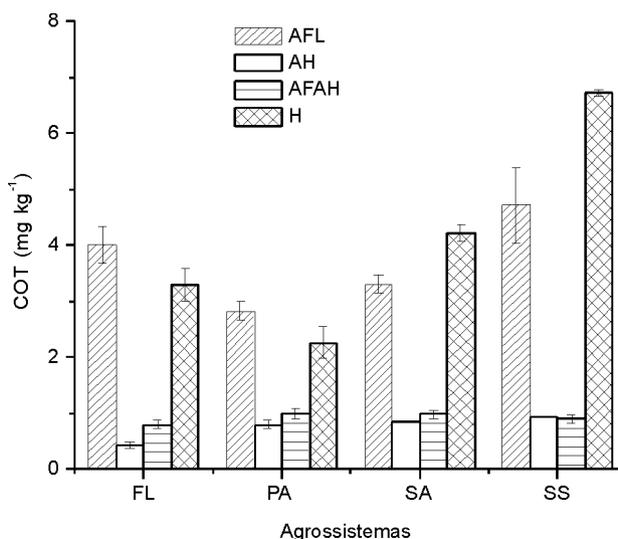


Figura 1 - Distribuição do COT nas frações húmicas em quatro sistemas de uso. FL: Mata nativa, PA: Pastagem, SA: Agroflorestal e SS: Agrossilvopastoril. AFL (ac. fúlvico livre), AH (ac. húmico), AFAH (fração contendo AF + AH) e H (húmina). (n= 3).

O sistema SS apresentou conteúdo de ácidos fúlvicos livres (AFL) sensivelmente superior aos demais sistemas. Possivelmente, os detritos ao serem adicionados ao solo deste sistema de uso sofrem rápida ação de humificação, diminuindo a quantidade de carbono facilmente degradável (aminoácidos, polissacarídeos, etc) ou prontamente oxidável e, conseqüentemente, levando a um aumento na quantidade de substâncias húmicas recalcitrantes.

O sistema de pastagem apresentou teor de AFAH e AH comparáveis aos demais sistemas, sendo, no entanto, observadas exceções quanto aos teores de AFL e H, para os quais foram obtidas quantidades inferiores. Os resíduos vegetais provenientes das pastagens são pobres em lignina, precursor químico da húmina, ácidos húmicos e outros compostos recalcitrantes (Santos e Camargo, 1999), o que explica o baixo teor desses compostos nesse sistema. Assim, solos sob pastagem, possuem matéria orgânica menos recalcitrante e, portanto, são mais sensíveis às variações climáticas, químicas e microbiológicas que resultem em maior velocidade de degradação da matéria orgânica do solo.

A partir dos dados obtidos pelo fracionamento químico das substâncias húmicas, foram calculados os valores das relações AH/AF e EA/H (Tabela 2). AH/AF representa a relação entre os teores de carbono na forma de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos e indica o grau de conversão do carbono orgânico insolúvel presente no solo em frações solúveis. Em geral os solos mais arenosos apresentam valores superiores para a relação AH/AF, o que significa a perda seletiva da fração mais solúvel (AF). Os sistemas PA e SA apresentaram os maiores valores para a relação AH/AF, o que indica maior mobilidade do carbono nestes sistemas de uso do solo. Os resultados obtidos da relação AH/AF corroboram com os dados apresentados na Tabela 1, onde se observou menor valor de argila para os sistemas PA e SA, considerando que os teores de areia se apresentam praticamente constante para todos os sistemas.

Tabela 2 – Relações entre as frações ácidos húmicos e ácidos fúlvicos (AH/AF) e entre extrato alcalino e humina (EA/H) do Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (0 – 0,2 m) sob quatro sistemas de uso.

Sistemas	AH/AF	SDa	EAb/H	SD
FL	0,107	0,02	1,35	0,12
PA	0,283	0,03	1,61	0,20
SA	0,257	0,01	0,99	0,04
SS	0,199	0,03	0,84	0,01

^aDesvio-padrão (n = 3).^bEA = ácidos fúlvicos + ácidos húmicos

A relação EA/H, quociente entre o extrato alcalino (EA = ácidos fúlvicos + ácidos húmicos) e a humina, indica a iluviação de matéria orgânica ou carbono orgânico no solo. Assim, quanto a iluviação do carbono no solo, os sistemas apresentaram a seguinte ordem: PA>FL>SA>SS. Devido a natureza solúvel do EA e insolúvel da humina, a matéria orgânica tende a ser mais solúvel nos solos sob os sistemas PA e FL, além de indicar maior recalcitrância da MOS nos sistemas SA e SS (Stevenson, 1994; Moreno, 1996).

Os resultados do fracionamento físico das amostras do LVAd estão apresentados na Figura 2. A distribuição do COT nas frações foi maior na fração grosseira (> 53µm) para todos os agrossistemas, indicando maior presença de material orgânico agregado ao silte e a argila.

Foram observadas pequenas variações de COT na fração grosseira nos agrossistemas considerados, sendo o oposto observado na fração leve, que teve expressivas variações. Considerando as variações nos teores de argila do LVAd (Tabela 1), cujos valores variam entre 304 - 480 g Kg⁻¹, não foi observada correlação significativa ($r^2 = 0,11972$) com o COT da fração leve. No entanto, houve correlação significativa ($r^2 = 0,58179$) entre o COT e a relação silte/argila.

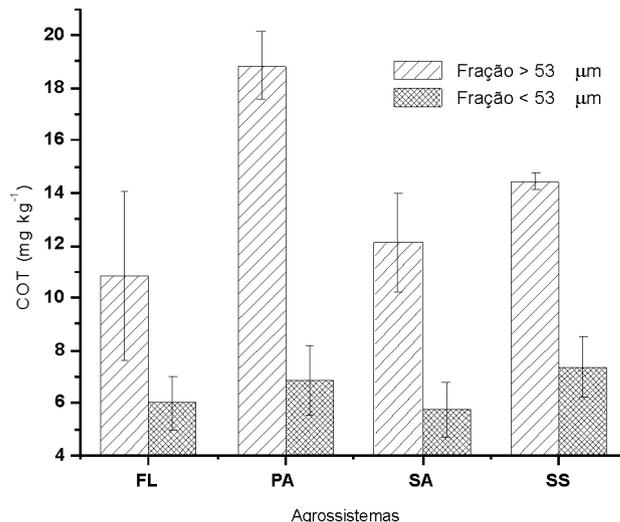


Figura 2. Distribuição do COT nas frações granulométricas de um LVAd sob quatro sistemas de uso; (n= 3).

CONCLUSÕES

Os agrossistemas SA, SS, PA e FL influenciaram na qualidade e na quantidade da matéria orgânica do solo do LVAd, fato este demonstrado pelas variações do COT nas diferentes frações químicas e físicas. Os teores de humina, ácidos fúlvicos livres, ácidos húmicos apresentou valores diferenciados em cada agrossistema, sendo que o sistema agrossilvopastoril apresentou pronunciada diferenciação dos demais, principalmente quanto à concentração de humina e ácidos fúlvicos livres.

Foram observadas diferenças quanto aos teores do COT nas frações granulométricas >53 µm e < 53 µm, porém não tão pronunciada quanto aos observados no fracionamento químico.

O sistema agrossilvopastoril favoreceu maior incremento de substâncias húmicas, o que contribuiu para melhor estruturação química e física do solo e maior resistência à perda de carbono orgânico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à doutoranda Michelle Tomazi pela concessão das amostras de solo para a execução deste estudo e à CAPES pela concessão de bolsas de estudos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Bayer, C.; Martin-Neto, L.; Mielniczuk, J.; Pavinato, A. 2004. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(7): 677-683.

- Cambardella, C.A.; Elliott, E.T. 1993. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. *Geoderma*, 56(1): 449-457.
- Cheng, H.H.; Kimble, J.M. 2001. Characterization of soil organic carbon pools. In: Lal, R.; Kimble, J.M.; Follet, R.F.; Stewart, B.A. (Eds). *Assessment methods for soil carbon*. Boca Raton, Lewis Publishers. p.117-130.
- Christensen, B.T. 2000. *Organic matter in soil: structure, function and turnover*. Tjele: DIAS, 95 pp. (DIAS Report. Plant Production, 30).
- Conceição, P.C.; Amado, T.J.C.; Mielniczuk, J.; Spagnollo, E. 2005. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria Orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(5): 777-788.
- Correa, J.C. 2002. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Quererência, MT. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(2): 203-209.
- Cunha, T.J.F.; Madari, B.E.; Benites, V.M.; Canellas, L.P.; Novotny, E.H.; Moutta, R.O.; Trompowsky, P.M.; Santos, G. A. 2007. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da amazônia (Terra Preta). *Acta Amazônica*, 37(1): 91- 98.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. *Manual de métodos de análise de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 212pp.
- Freitas, P.L.; Blancaneaux, P.; Gavinelli, E. 2000. Nível e natureza do estoque orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(1): 157-170.
- Hermle, S.; Anken, T.; Leifeld, J.; Weisskopf. 2008. The effect of the tillage system on soil organic carbon content under moist, cold-temperate conditions. *Soil & Tillage Research*, 98(1): 94-105.
- Kononova, M.M. 1982. *Materia orgánica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación*. Barcelona, Oikos-tau, Espanha. 364 pp.
- Moreno, J. L. *La materia orgánica en los agrosistemas*. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 1996. 174 pp.
- Santos, G. A.; Camargo, F. A O. (editores). 1999. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Ed. Genesis, Porto Alegre, Brasil. 508pp.
- Santos, H.P.; Tomm, G.O. 2003. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. *Ciência Rural*, 33(3): 477- 486.
- Silva, L. M.V.; Pasqual, A. 1999. Dinâmica e modelagem da matéria orgânica do solo com ênfase ao ecossistema tropical. *Energia na agricultura*, 14(3): 13-24.
- Stevenson, F.J. 1994. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. 2. ed. John Willey, New York, USA. 496pp.
- Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Sci*, 37: 29-37.
- Zech, Z.; Senesi, N.; Guggenberger, G.; Kaiser, K.; Lehmann, J.; Miano, T. M.; Miltner, A.; Schroth, G. 1997. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. *Geoderma*, 79(1): 69-116.

Recebido em 13/08/2008
Aceito em 19/11/2008